

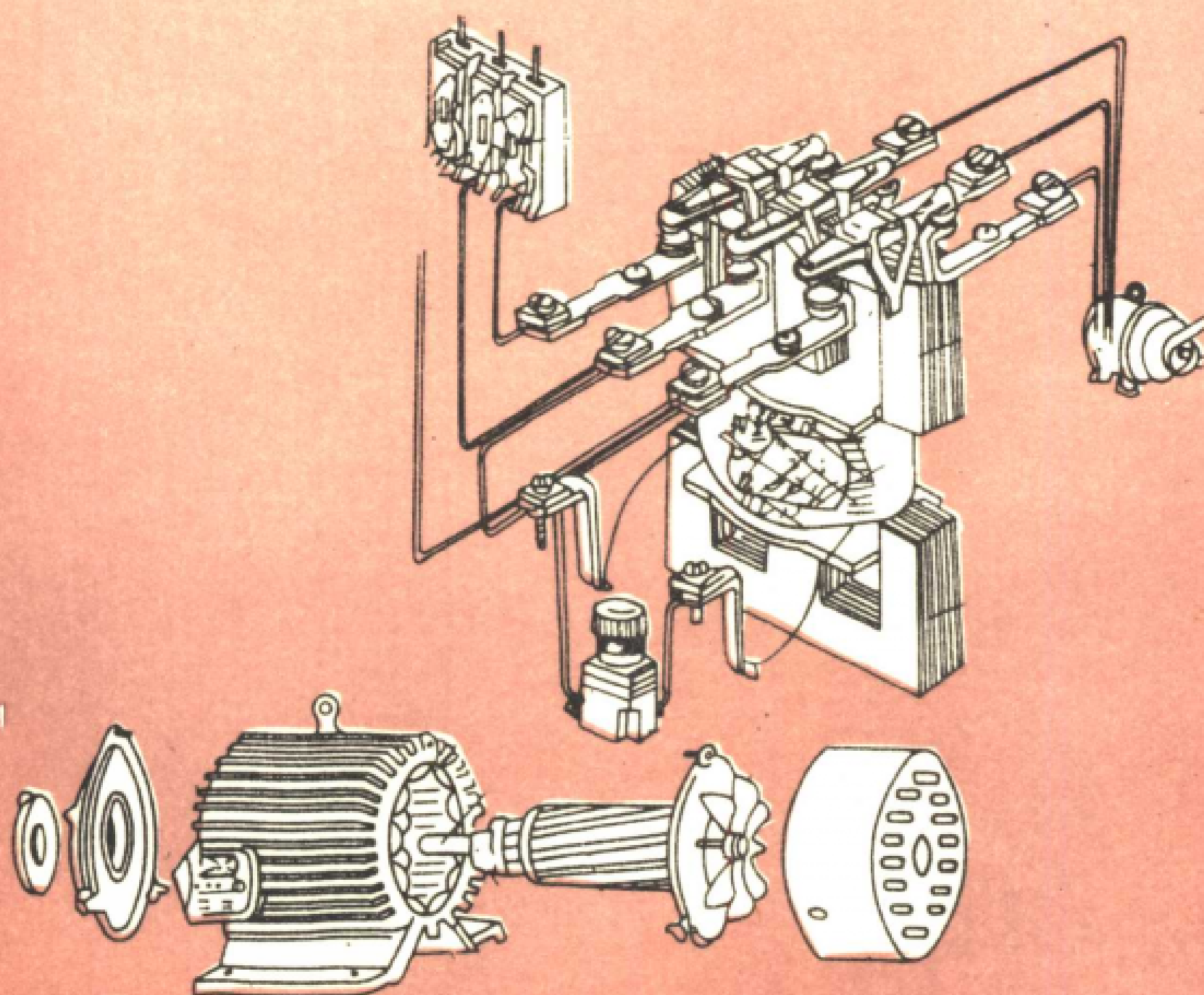
职业技能鉴定教材

电 工

(初级、中级、高级)

《职业技能鉴定教材》
《职业技能鉴定指导》

编审委员会



中国劳动出版社

ISBN 7-5045-1906-5



9 787504 519061 >

ISBN 7-5045-1906-5/TM · 114 (课)
定价：22.10 元

职业技能鉴定教材

电 工

(初级、中级、高级)

《职业技能鉴定教材》
《职业技能鉴定指导》 编审委员会

中国劳动出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工/李成良主编;《职业技能鉴定教材》《职业技能鉴定指导》编审委员会编.

—北京:中国劳动出版社,1996

职业技能鉴定教材

ISBN 7-5045-1906-5

I. 电… II. 李… III. 电工技术-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 13099 号

电 工

(初级、中级、高级)

《职业技能鉴定教材》
《职业技能鉴定指导》 编审委员会

责任编辑 张秉淑

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街 1 号)

中国铁道出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17.25 (插页 1)

字数: 421 千字 印数: 20100 册

定价: 22.10 元

内 容 提 要

本书根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范——电工》编写。全书共分六大部分十三章，包括初、中、高三个技术等级的知识要求和技能要求。主要内容有电工基础知识；电工专业知识；电工操作技能；内外线安装技能；变配电所设备维护与操作。

本书可作为电气工人职业技能考核鉴定的培训教材和自学用书，还可供技工学校、职业学校的学生参考。

《职业技能鉴定教材》

编审委员会

《职业技能鉴定指导》

主 任 王建新 陈 宇

副主任 张维新 刘仲煊 陈连松

委 员 杜献明 彭 瑜 刘忠良 章锦湘

殷端阳 胡绍祥 孙世昌 陈 蕾

陈卫军 桑桂玉 张梦欣 葛 玮

本书编审人员

主 编 李成良

编 者 李成良 刘 磊 曹汉敏

审 稿 肖世锦

前 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定，国家对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能鉴定。经劳动部与有关行业部门协商，首批确定了 50 个工种实施国家职业技能鉴定。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施，进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。同时，竞争上岗，以贡献定报酬的新型的劳动、分配制度，也必将成为千千万万劳动者努力提高职业技能的动力。

实施职业技能鉴定教材建设是重要的一环。为适应职业技能鉴定的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，统一鉴定水平，劳动部职业技能鉴定中心、劳动部教材办公室、中国劳动出版社组织有关方面专家、技术人员和职业培训教学管理人员编写了《职业技能鉴定教材》和《职业技能鉴定指导》两套书。

根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》的颁布情况，这次编写了机械行业的车工、钳工、机修、钳工、工具钳工、铣工、磨工、电工、电焊工、热处理工、铸造工、锻造工、模样工、镗工的《教材》和《指导》，共 26 种书。

《职业技能鉴定教材》以相应的《规范》为依据，坚持“考什么，编什么”的原则，内容严格限定在工种《规范》范围内，是对《规范》的细化，从而不同于一般学科的教材。在编写上，按照初、中、高三个等级，每个等级按知识要求和技能要求组织内容。在基本保证知识连贯性的基础上，着眼于技能操作，力求浓缩精炼，突出针对性、典型性、实用性。

《职业技能鉴定指导》以习题和答案为主，是对《教材》的补充和完善。每个等级分别编写了具有代表性的知识和技能部分的习题。

《教材》和《指导》均以《规范》的申报条件为编写起点，有助于准备参加考核鉴定的人员掌握考核鉴定的范围和内容，适用于各级鉴定机构组织升级考核复习和申请参加技能鉴定的人员自学使用，对于各类职业技术学校师生、相关行业技术人员均有重要的参考价值。

机械行业 26 种《教材》和《指导》是由湖北省劳动厅具体承担组织编写工作，由湖南省劳动厅承担审稿组织工作。在编写过程中，还得到江汉石油管理局劳动工资处的大力支持，在此深表谢意。

本书由李成良、刘磊、曹汉敏编写，李成良主编；肖世锦审稿。

编写《教材》和《指导》有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，缺乏经验，不足之处在所难免，恳切欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

《职业技能鉴定教材》
《职业技能鉴定指导》 编审委员会

目 录

第一部分 初级电工知识要求

第一章 初级电工基础知识	(1)
第一节 交、直流电路基本知识	(1)
第二节 半导体管电路常识	(8)
第二章 初级电工专业知识	(13)
第一节 电工识图	(13)
第二节 电工材料基本知识	(15)
第三节 电工测量仪表的一般知识	(18)
第四节 变压器、异步电动机的基本知识	(22)
第五节 供电常识	(31)
第六节 安全文明生产	(44)

第二部分 初级电工技能要求

第三章 初级电工基本操作技能	(45)
第一节 电工工具的使用与维护	(45)
第二节 基本操作工艺	(46)
第三节 半导体管测试及整流电路安装	(51)
第四章 初级电工内、外线安装技能	(54)
第一节 一般照明及动力线的安装	(54)
第二节 异步电动机控制线路安装	(59)
第三节 登杆作业	(60)
第五章 初级电工变、配电所设备维护与操作	(67)
第一节 变、配电所识图	(67)
第二节 变、配电所设备维护及操作	(70)

第三部分 中级电工知识要求

第六章 中级电工基础知识	(74)
第一节 交、直流电路基础及计算	(74)
第二节 晶闸管电路知识	(85)
第七章 中级电工专业知识	(90)
第一节 电工测量仪器、仪表	(90)
第二节 供电知识	(96)

第三节	电气试验	(102)
第四节	防雷与接地	(110)
第五节	内、外线电力线路安装技术标准	(113)
第六节	相关知识	(119)
第七节	生产技术管理	(121)

第四部分 中级电工技能要求

第八章	中级电工内、外线安装操作技能	(124)
第一节	照明线路与动力线路安装	(124)
第二节	安装 15/3t 桥式起重机	(128)
第三节	交流电力拖动系统安装与维护	(131)
第四节	晶闸管整流电路安装	(133)
第九章	中级电工变、配电所设备的维护与操作技能	(135)
第一节	10kV 高压开关柜的大修	(135)
第二节	10kV 油开关的大修	(137)
第三节	10kV 电力电缆头及中间盒的制作	(139)
第四节	10kV、750kVA 新建变电所的安装	(145)
第五节	变、配电所一、二次电气图绘制	(150)
第六节	变、配电所较复杂的操作	(156)
第七节	10kV、750kVA 变压器吊芯检查、测试	(159)
第八节	变、配电所停电事故处理	(160)
第九节	安全文明生产	(162)

第五部分 高级电工知识要求

第十章	高级电工基础知识	(165)
第一节	磁场与磁路	(165)
第二节	电子技术	(175)
第三节	晶闸管电路	(191)
第十一章	高级电工专业知识	(208)
第一节	直流电机电力拖动	(208)
第二节	同步电机	(217)
第三节	电弧炉、中频炉、高频炉	(222)
第四节	供电理论	(223)
第五节	企业管理及安全文明生产	(240)

第六部分 高级电工技能要求

第十二章	高级电工内、外线安装技能	(244)
第一节	晶闸管直流拖动系统安装调整	(244)
第二节	同步电机的操作技能	(248)

第三节	10kV 架空线转角杆、终端杆的调换	(249)
第四节	35kV 电力电缆敷设	(250)
第五节	电弧炉、中频炉、高频炉的电气安装与调整	(254)
第十三章	高级电工变、配电所设备维护与操作	(257)
第一节	电气设备试验	(257)
第二节	复杂的倒闸操作	(260)
第三节	5000kVA 变、配电所电气安装	(263)

第一部分 初级电工知识要求

第一章 初级电工基础知识

第一节 交、直流电路基本知识

电流能通过的路径称为电路。电路的形式千变万化，但归纳起来不外乎两种类型：一是进行能量的转换、传输、分配；二是进行信息处理。任何一个电路都可能具有三种状态：通路、断路和短路。按电路中流过的电流种类可把电路分为直流电路和交流电路两种。本节主要讨论电路的基本物理量、以及进行电路计算的基本定理、公式。

一、电路的基本概念

1. 电阻、电容和电感

(1) 电阻 反映导体对电流起阻碍作用的物理量称为电阻。用符号 R 表示，单位是 Ω (欧姆) 或 $k\Omega$ (千欧)。

对于一段材质和粗细都均匀的导体来说，在一定温度下，它的电阻与其长度成正比，与材料的截面积成反比，并与材料的种类有关。用公式表示即：

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

式中 l ——导体长度，m；

s ——导体截面积， m^2 ；

ρ ——导体电阻系数，取决于材料。

导体的电阻除了与材料的尺寸与种类有关外，还与温度有关。一般说来电阻随温度升高而增加。常用的导体电阻系数及温度系数如表 1—1 所示。

表 1—1

常用的导体电阻系数与温度系数

材料名称	20℃时的电阻系数($10^{-8}\Omega \cdot m$)	0~100℃时温度系数(1/℃)
银	1.63	0.0036
铜	1.75	0.0040
铝	2.83	0.0040

(2) 电容 凡是用绝缘物隔开的两个导体的组合就构成了一个电容器。电容器具有储存

电荷的性能，电容器储存电荷的能力，用电容来表示。如果把电容器的两个极板分别接到直流电源的正负极上，如图 1-1 所示。在电源的作用下两极板分别带数量相等而符号相反的电荷，其中任一极板上的电量 Q 与两极板间的电压 U 成正比，且 Q/U 是一个常数。我们把 Q/U 叫电容器的电容量。简称电容，用字母 C 表示，即：

$$C=Q/U$$

其中 Q 是任一极板上的电荷量，单位 C（库仑）； U 为两极板间的电压，单位 V（伏特）。电容的单位为 F（法拉）。由于 F 的单位太大，常用 μF （微法）， pF （皮法）表示。

$$1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F} \quad 1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$$

(3) 电感 导体中电流的变化，会在导体周围产生磁场，产生磁场的大小，与流过导体中的电流、导体的形状及周围的介质有关。我们把导体周围产生的磁场与导体中流过的电流之比值叫电感。用字母 L 表示，其单位是 H（亨利），简称亨。常用的单位是 mH （毫亨）、 μH （微亨）。

$$1\text{mH}=10^{-3}\text{H} \quad 1\mu\text{H}=10^{-6}\text{H}$$

2. 电流 金属导体内有大量的自由电荷（自由电子），在电场力的作用下，自由电子会作有规律的运动，这就是电流。衡量电流大小的物理量叫电流强度，简称“电流”。用字母 I 表示，单位是 A（安培）。具体来说，1 秒内流过导体的电量为 1 库仑时，则电流强度为 1A。计算微小电流用毫安（mA）、微安（ μA ）表示，计算大电流用 kA（千安）。

电流的流动具有方向性，习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。为了计算与说明问题方便，我们常以一个方向为“参考方向”。电流的实际方向是确定的，而参考方向可人为选定。在图 1-2 中，我们选定电流的参考方向为从 A 到 B，而这时电流的方向也正好是从 A 到 B，则电流 I_{AB} 为正。若选参考方向由 B 到 A，这时 I_{AB} 为负。

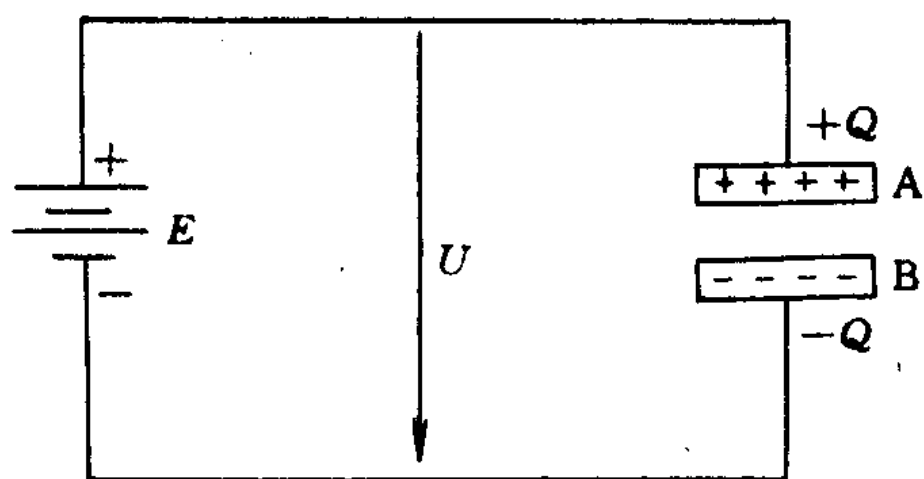


图 1-1 接于电源上的电容器

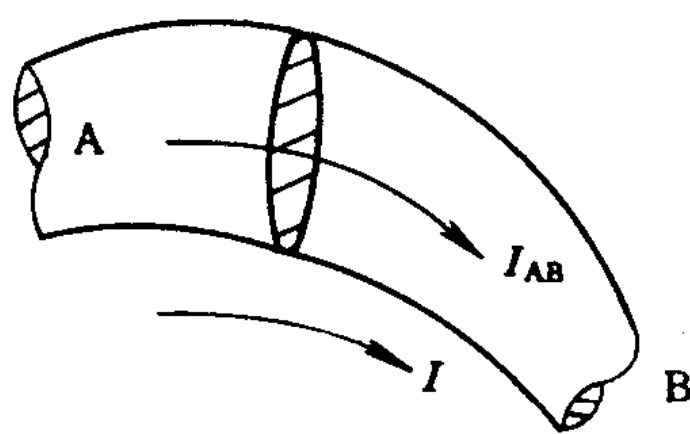


图 1-2 电流的参考方向与实际方向

3. 电压、电位、电动势 电压、电位、电动势这三个概念是非常重要的，它们都是电路能量特性的描述。

(1) 电压 电荷在电场力作用下移动时，电场力对电荷做了功。设电荷从 A 到 B，电场力做功 A_{AB} ，如果被移动的电荷电量增加一倍，则做功也增加一倍，但 A_{AB}/Q （ Q 是电荷量）比值不变。我们把 A_{AB}/Q 为 AB 两点间的电压，记为 U_{AB} ，单位为 V（伏特）。

(2) 电位 上述电压的概念中，指出了 A、B 两个点，但都不是特殊点。如果我们在电场中指定一特殊点“O”（也称参考点），那么电场中任意一点 x 与参考点 O 之间的电压，我们称

为 x 点的电位，用符号 φ 表示，单位也是 V。一般我们把参考点作为零电位，实际上电位是电荷在电场中具有的位置能大小的反映。

(3) 电动势 电动势与电压的定义相仿，但注意它们有本质的差别：电压是电场力做功，电动势是非电场力做功；在电场力作用下，正电荷由电位高的地方向电位低的地方移动，而在电动势的作用下，正电荷由低电位移到高电位；电压的正方向是正极指向负极，高电位指向低电位，电动势的正方向是负极指向正极，低电位指向高电位；电压是存在于电源外部，而电动势是存在于电源内部的物理量。

二、电路的基本定律

1. 欧姆定律 欧姆定律是描述在纯电阻电路两端施加电压，流过该电路电流与该电路电阻之间关系的电路基本定律。一个完整的电路包括电源与负载，如图 1-3 所示。该电路 A、B 两点左边包括一个电源及内阻 r_0 ，我们称之为含源电路。右边部分不包含电源叫无源电路。实验证明，对于右边的无源电路，存在如下规律：

$$I = U_{AB} / R$$

而对于左边的含源电路存在如下规律：

$I = (E - U_{AB}) / r_0$ 那么，我们可得：

$U_{AB} = IR$ ；及 $U_{AB} = E - Ir_0$ 即

$IR = E - Ir_0$ ，整理得 $I = E / (R + r_0)$

这就是全电路欧姆定律。用文字描述即是：在整个闭合回路中，电流的大小与电源的电动势成正比，与电路中的电阻（包括电源内电阻及外电阻）成反比。

欧姆定律是分析和计算电路的基本定律。

2. 基尔霍夫定律 电路的基本定律除了上述的欧姆定律外，还有一个就是基尔霍夫定律，它包括第一定律和第二定律。它们是分析计算复杂电路不可缺少的基本定律。

(1) 基尔霍夫第一定律 又称节点电流定律。其内容是：流入节点的电流之和恒等于流出节点的电流之和。节点是多条分支电路的交汇点，见图 1-4a) 中 A 点。按上述定律，对节点 A 我们可以得到：

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

实际上，节点可以是电路的实际交汇点，也可以是假想点，如图 1-4b) 中的半导体三极管

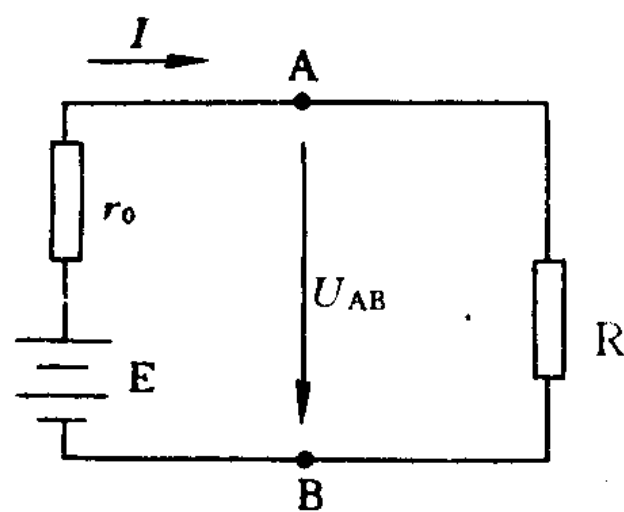


图 1-3 一个含电源与负载的完整电路

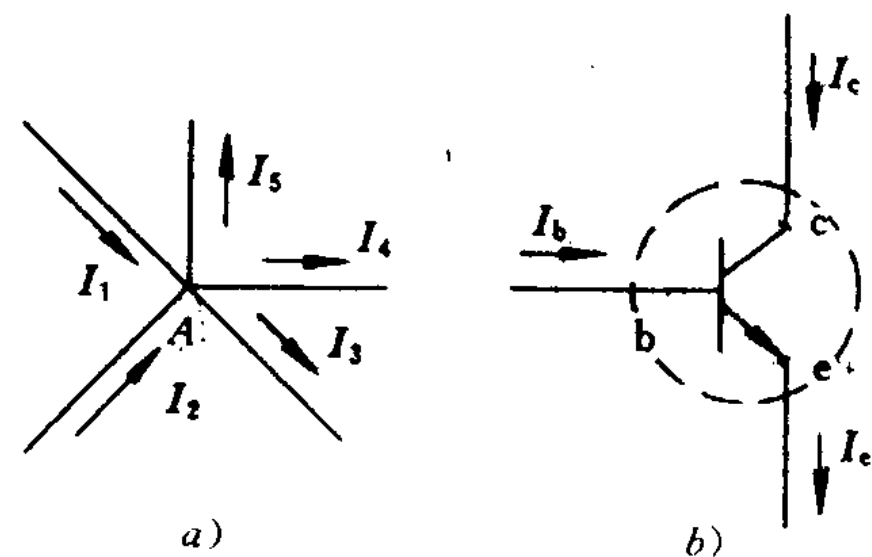


图 1-4 基尔霍夫第一定律
a) 节点 A 电流 b) 半导体三极管

管。我们可以把圆圈内看作是节点，由基尔霍夫第一定律，我们可以得到 $I_b + I_c = I_e$ 。

(2) 基尔霍夫第二定律 又称回路电压定律。其内容是：在任一闭合回路中，沿一定方向绕行一周，电动势的代数和恒等于电阻上电压降的代数和，即

$$\sum E = \sum IR$$

注意，在列回路电压方程时必须考虑电压（电动势）的正负。确定正、负号的方法与列回路方程的步骤如下（参见图 1-5）：

- 1) 首先在回路中假定各支路电流的方向。
- 2) 假定回路绕行方向（顺时针或逆时针，图 1-5 中是顺时针方向）。
- 3) 凡流过电阻的电流参考方向与绕行方向一致，则电阻上的压降为正，反之取负。
- 4) 凡电动势方向与绕行方向一致，该电动势取正，反之取负。

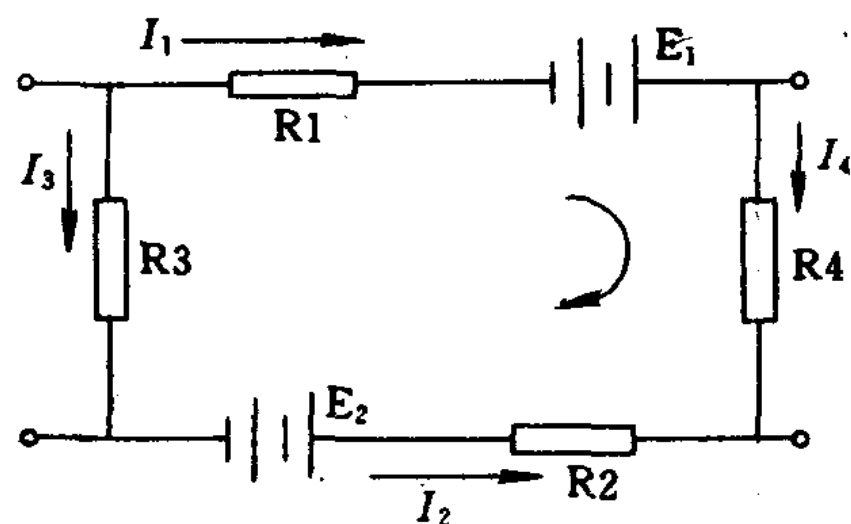


图 1-5 基尔霍夫第二定律

由上述方法及步骤，可列出图 1-5 电路的回路方程为：

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_3 R_3 + I_4 R_4$$

三、电路的连接关系及计算

1. 电阻的串联电路 两个或两个以上的电阻首尾相接，各电阻流过同一个电流的电路称电阻串联电路。图 1-6a) 为三个电阻的串联电路。电阻串联电路具有以下特点：

- (1) 各电阻上流过同一电流。
- (2) 电路的总电压等于各个电阻上电压的代数和，即： $U = U_1 + U_2 + U_3$

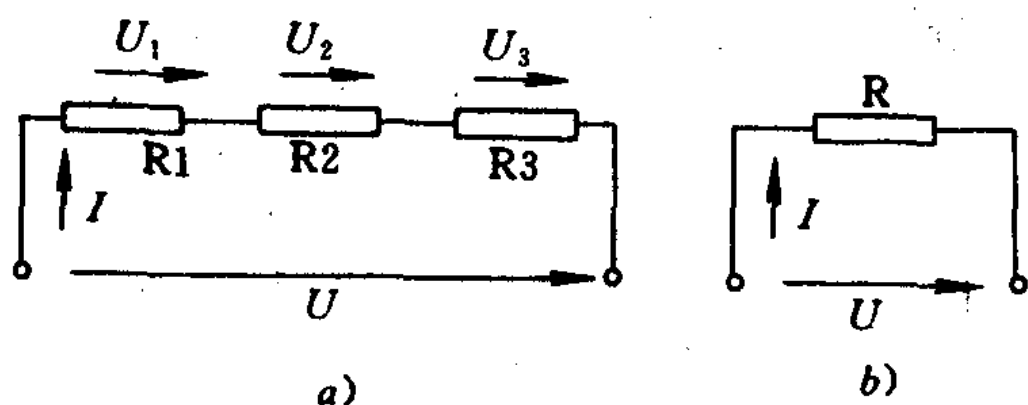


图 1-6 串联电路

a) 电路图 b) 等效电路

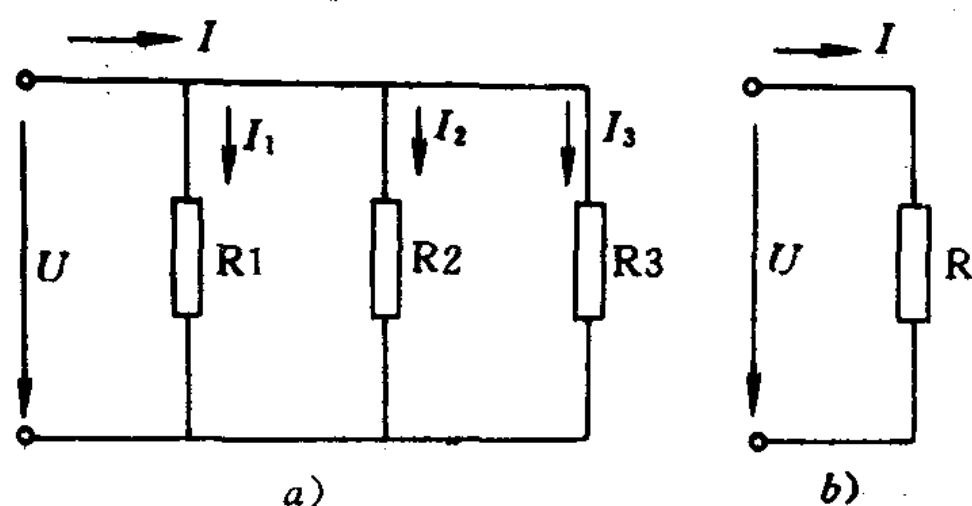


图 1-7 并联电路

a) 电路图 b) 等效电路

(3) 电路的等效电阻等于各串联电阻之和，即： $R = R_1 + R_2 + R_3$ ，故图 1-6a) 电路可用图 1-6b) 来等效替代。

- (4) 各电阻上的电压降与各自电阻的阻值成正比。
- (5) 各电阻上消耗的功率之和等于电路所消耗的总功率。

2. 电阻并联电路 两个或两个以上电阻一端接在一起，另一端也接在一起的连接方式叫并联。如图 1-7a) 所示并联电路具有如下特点：

- (1) 并联的各电阻上承受的是同一电压。
- (2) 电路的总电流等于各支路电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

(3) 电阻并联电路的等效电阻 R 的倒数等于各并联支路电阻的倒数之和, 即:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

特别对于两个电阻并联, 我们有 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$, 即 $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ 。不难看出, 等效电阻必定小于并联电阻中最小阻值的电阻。

(4) 各并联电阻中的电流及电阻所消耗的功率均与各电阻的阻值成反比, 即:

$$I_1 : I_2 : I_3 = P_1 : P_2 : P_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$$

例 1-1 有一只磁电表表头, 表头允许流过的最大电流为 $I_G = 80\mu\text{A}$, 内阻 $R_G = 1000\Omega$, 若将其改制成量程为 250mA 的电流表, 需并联多大的分流电阻?

解: 满量程时, 分流电阻上流过的电流为:

$$I_{dc} = I - I_G = 250 - 0.08 = 249.92 \text{ (mA)}$$

此时表头承受的电压为:

$$U_G = I_G R_G = 80 \times 10^{-6} \times 1000 = 0.08 \text{ (V)}$$

由于分流电阻与表头并联, 故分流电阻两端的电压与表头的电压相等。分流电阻阻值为:

$$R_{dc} = U_G / I_{dc} = \frac{0.08}{249.92 \times 10^{-3}} \approx 0.32 \text{ (}\Omega\text{)}$$

即在表头两端并联一只 0.32Ω 的分流电阻, 就改制为量程 250mA 的电流表。

3. 混联电路 既有电阻串联又有电阻并联的电路称为混联电路。图 1-8 列出了三种混联电路。

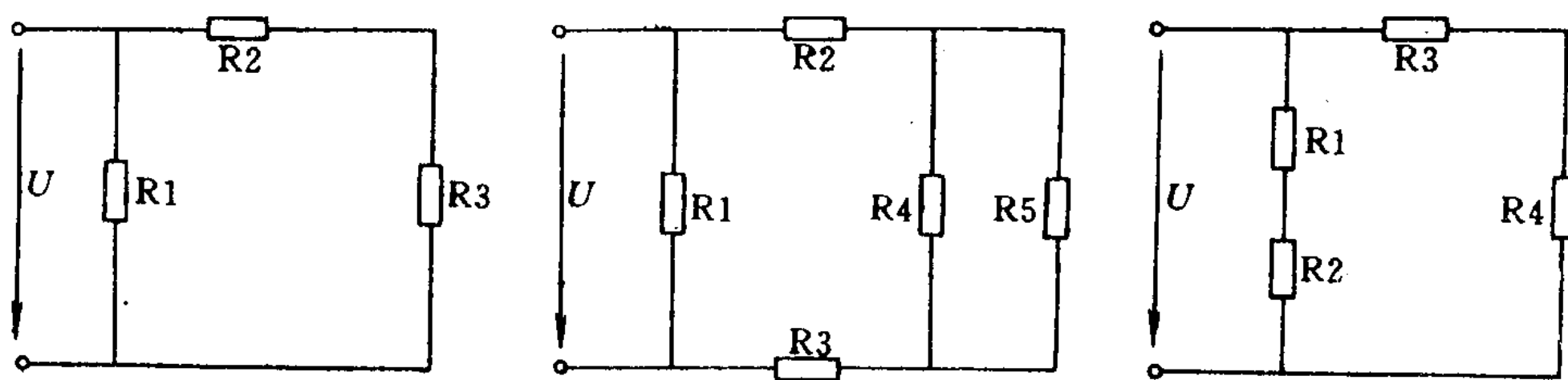


图 1-8 混联电路

混联电路的计算方法是: 先按串、并联等效简化的原则, 将混联电路简化为一个无分支电路, 再进行电压、电流的计算, 根据要求, 利用分压、分流公式求出所需的电压及电流。下面通过一个例题来说明求解过程。

例 1-2 图 1-9a) 所示电路中, 已知 $R_1 = R_2 = 100\Omega$, $R_3 = R_4 = 150\Omega$, 电压 $U = 100\text{V}$, 求电流 I ?

解: 先求电路的等效电阻。图 1-9a) 中 R_1 与 R_2 并联, 其等效电阻为

$$R_{1,2} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50 (\Omega)$$

这样可将电路简化为图 1-9b), 在图 1-9b) 中 $R_{1,2}$ 与 R_4 串联, 其等效电阻为

$$R_{1,2,4} = R_{1,2} + R_4 = 50 + 150 = 200 \Omega$$

电路又进一步简化为图 1-9c)。显然 R_3 与 $R_{1,2,4}$ 并联, 所以

$$R = \frac{R_3 R_{1,2,4}}{R_3 + R_{1,2,4}} = \frac{150 \times 200}{150 + 200} \approx 85.7 (\Omega)$$

这样就得到最后的无分支电路图 1-9d)。由欧姆定律, 可求得电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{85.7} \approx 1.17 (\text{A})$$

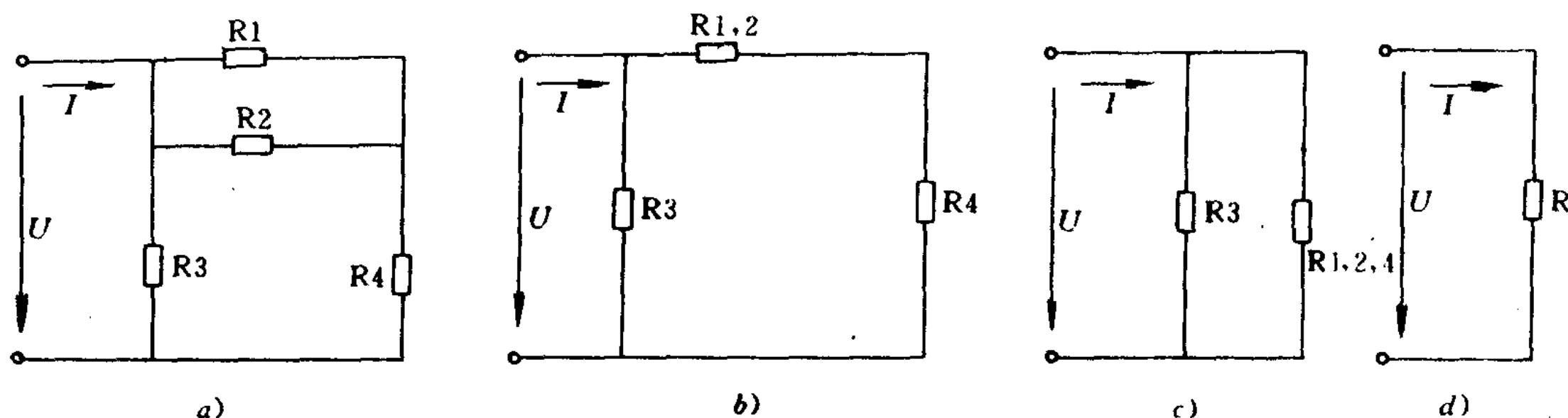


图 1-9

4. 电路中各点的电位分析计算 电路中电位的计算实质上是电位差的计算。首先选好参考点, 通常选大地为参考点, 在无接地的电路中也可选许多元件汇集的公共点。现举例说明电路中各点电位的计算方法与步骤。

例 1-3 如图 1-10 电路, 已知 $E_1 = 12\text{V}$, $E_2 = 9\text{V}$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, 求电路中各点的电位。

解: 第一步, 计算电路中的电流和各电阻上的电压。因为 $E_1 > E_2$, 所以电流方向与 E_1 一致, 由欧姆定律:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 - 9}{4 + 2} = 0.5 (\text{A})$$

$$U_{ab} = IR_1 = 0.5 \times 4 = 2 (\text{V})$$

$$U_{bc} = IR_2 = 0.5 \times 2 = 1 (\text{V})$$

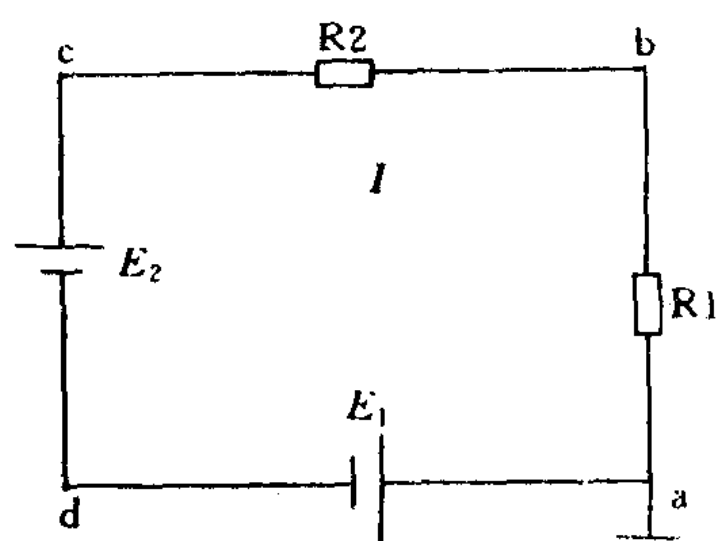


图 1-10

第二步, 选参考点, 从参考点出发, 顺 (逆) 电流方向依次求出各点的电位。当选 a 点为参考点时, 有: $\phi_a = 0 (\text{V})$

由于 $U_{ab} = \phi_a - \phi_b$

所以 b 点电位 $\phi_b = \phi_a - U_{ab} = 0 - 2 = -2 \text{ (V)}$

又由于 $U_{bc} = \phi_b - \phi_c$

所以 C 点电位 $\phi_c = \phi_b - U_{bc} = -2 - 1 = -3 \text{ (V)}$

由于 $U_{cd} = \phi_c - \phi_d = E_2$

所以 d 点电位 $\phi_d = \phi_c - E_2 = -3 - 9 = -12 \text{ (V)}$

当选 b 点为参考点时, 有: $\phi_b' = 0 \text{ (V)}$

由于 $U_{bc} = \phi_b - \phi_c$

所以 $\phi_c = \phi_b - U_{bc} = -1 \text{ (V)}$

由于 $U_{cd} = \phi_c - \phi_d = E_2$

所以 $\phi_d = \phi_c - E_2 = -1 - 9 = -10 \text{ (V)}$

由于 $U_{da} = \phi_d - \phi_a = -E_1$

所以 $\phi_a = \phi_d + E_1 = -10 + 12 = 2 \text{ (V)}$

四、交流电

1. 基本概念 大小与方向均随时间变化的电流(电压)叫交流电。交流电中电流(电压)大多是按一定规律循环变化的, 经过相同的时间后, 又重复循环原变化规律, 这种交流电我们叫它周期性交流电。周期性交流电中应用最广的是按正弦规律变化的交流电, 称之为正弦交流电。一般所说的交流电大多是指这种交流电。全世界所用的电能绝大部分是以正弦交流电的形式出现, 本书所讨论的均是正弦交流电。

2. 正弦交流电“三要素” 代表交流电瞬间大小与方向的数值叫瞬时值, 正弦交流电的瞬时值表达式是随时间变化的正弦函数, 其一般表达式为:

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

上述表达式中 U_m (I_m)、 φ 、 ω 三个量决定了该式的具体形式, 其中 U_m (I_m) 叫最大值, ω 叫角频率、 φ 叫初相位。这三个量就是正弦交流电的三要素。一个正弦交流电用图形表示, 如图 1-11 所示。

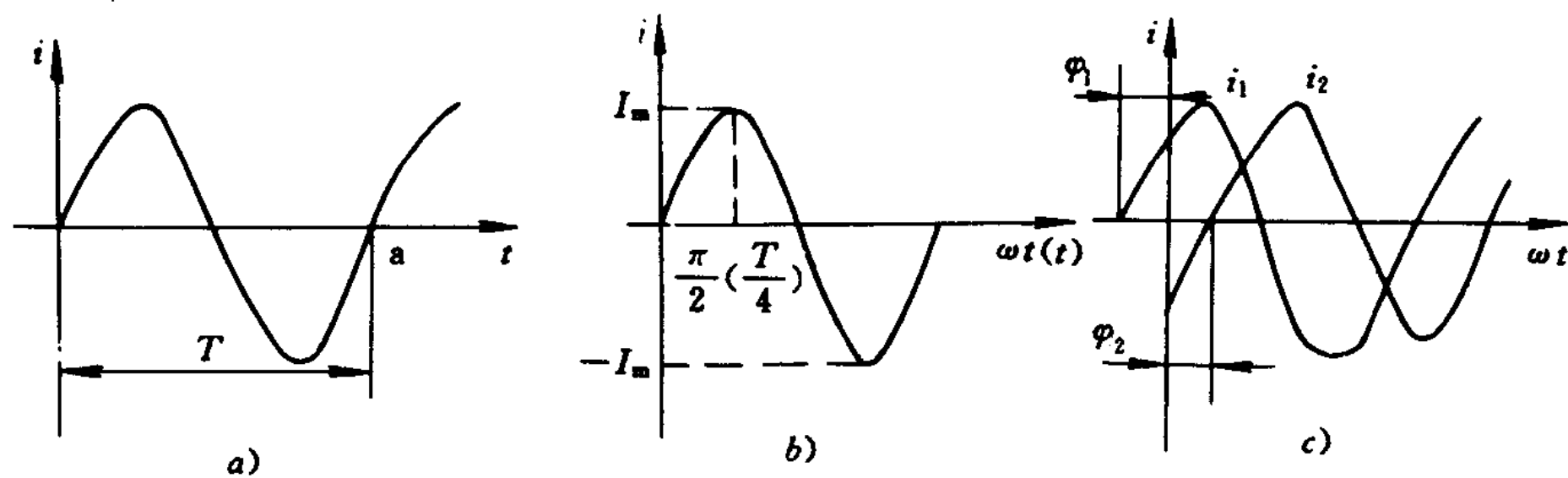


图 1-11 正弦交流电三要素

一个正弦交流电随时间的变化可快可慢。为了衡量交流电变化的快慢, 常用周期或频率来表示。在图 1-11a) 中, 交流电由 0 变化到 a 所需的时间就是一个周期。在我国, 工频交流电的周期是 0.02s (秒), 一个周期对应的电角度是 2π 弧度或 360° 。一秒钟内交流电重复变